

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-211630

(43)Date of publication of application : 11.08.1995

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G03F 7/16

(21)Application number : 06-023623

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 26.01.1994

(72)Inventor : IKEDA RIKIO

TSUMORI TOSHIRO

(54) METHOD AND EQUIPMENT FOR FORMING PATTERN

(57)Abstract:

PURPOSE: To enhance uniformity in the tune width of resist by connecting a developer in-line with a resist line width measuring unit through a controller and performing the feedback control of the ambient temperature and the like of a developer based on the measurement data of the line width of resist.

CONSTITUTION: The pattern forming unit 10 comprises a resist coater 12, a prebake unit 14, an exposing unit 16, a developer 18, a post-bake unit 20 and a resist line width measuring unit 22 connected in-line. The data feedback system from the resist line width measuring unit 22 is provided with a developing condition controller 24 which determines optimal conditions for at least one of the ambient temperature, the ambient humidity, the developer temperature and the developer concentration based on a resist line width data measured by time measuring unit 22 and performs

feedback control of the developer 18 under the optimal conditions thus determined. It may seen that a problem is present within the post-bake unit 20 or during development, but no problem is actually present because an abrupt fluctuation seldom takes place.

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]In a method of forming a pattern on a wafer with photolithography technique, In-line connection of the resist coater is made via a control device at a resist line-width-measurement device, Based on resist line-width-measurement data measured with a resist line-width-measurement device, Wafer turnover time of a resist coater, spreading ambient temperature, spreading atmosphere humidity, A pattern formation method carrying out feedback control of the resist coater by an optimal condition searched for about at least one of resist temperature and wafer temperature, and stabilizing resist line width by it.

[Claim 2]In a method of forming a pattern on a wafer with photolithography technique, In-line connection of the developer is made via a control device at a resist line-width-measurement device, Based on resist line-width-measurement data measured with a resist line-width-measurement device, A pattern formation method carrying out feedback control of the developer by an optimal condition searched for about at least one of development ambient temperature of a developer, development atmosphere humidity, developing solution temperature, and developing solution concentration, and stabilizing resist line width by it.

[Claim 3]In a method of forming a pattern on a wafer with photolithography technique, In-line connection of the prebaking device is made via a control device at a resist line-width-measurement device, Based on resist line-width-measurement data measured with a resist line-width-measurement device, A pattern formation method carrying out feedback control of the prebaking device by an optimal condition searched for about at least one of cooking time of a prebaking device, and cooking temperature, and stabilizing resist line width by it.

[Claim 4]In a method of forming a pattern on a wafer with photolithography technique, In-line connection of the PEB treatment device is made via a control device at a resist line-width-measurement device, Based on resist line-width-measurement data measured with a resist line-width-measurement device, A pattern formation method carrying out feedback control of the PEB device by an optimal condition searched for about at least one of cooking time of a PEB treatment device, and cooking temperature, and stabilizing resist line width by it.

[Claim 5]A pattern formation method given in any 1 paragraph of the claims 1-4 measuring line width distribution of one radial direction of a wafer, and considering it as said measurement data about line width distribution of this entire wafer surface by this line width distribution.

[Claim 6]In a device which forms a pattern on a wafer with photolithography technique, In-line connection of the resist coater is made via a control device at a resist line-width-measurement device, Said control device based on resist line-width-measurement data measured with a resist line-width-measurement device, A pattern formation device carrying out feedback control of the resist coater by an optimal

condition searched for about at least one of wafer turnover time of a resist coater, spreading ambient temperature, spreading atmosphere humidity, resist temperature, and wafer temperature.

[Claim 7] In a device which forms a pattern on a wafer with photolithography technique, In-line connection of the developer is made via a control device at a resist line-width-measurement device, Said control device based on resist line-width-measurement data measured with a resist line-width-measurement device, A pattern formation device carrying out feedback control of the developer by an optimal condition searched for about at least one of development ambient temperature of a developer, development atmosphere humidity, developing solution temperature, and developing solution concentration.

[Claim 8] In a device which forms a pattern on a wafer with photolithography technique, In-line connection of the prebaking device is made via a control device at a resist line-width-measurement device, A pattern formation device, wherein said control device carries out feedback control of the prebaking device based on resist line-width-measurement data measured with a resist line-width-measurement device by an optimal condition searched for about at least one of cooking time of a prebaking device, and cooking temperature.

[Claim 9] In a device which forms a pattern on a wafer with photolithography technique, In-line connection of the PEB treatment device is made via a control device at a resist line-width-measurement device, A pattern formation device, wherein said control device carries out feedback control of the PEB treatment device based on resist line-width-measurement data measured with a resist line-width-measurement device by an optimal condition searched for about at least one of cooking time of a PEB treatment device, and cooking temperature.

[Claim 10] A pattern formation device, wherein these devices are arranged in a device which forms a pattern on a wafer with photolithography technique so that a wafer may be fed in order of a resist coater, an exposure device, a developer, a resist line-width-measurement device, and a postbake device.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] In this invention, it is related with the method of forming a required pattern on a wafer in the manufacturing process of a semiconductor device using photolithography technique, and its device. Therefore, it is related with the pattern formation method which can control the line width variation of photoresist and can raise line width uniformity more particularly, and its device.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, the minuteness making of a semiconductor device progresses and high-precision pattern formation art is needed in connection with it. Generally, the pattern line width in a pattern formation process or the precision prescribe about resist line width uniformity is high accuracy called $\pm 10\%$ of design rules (geometric designing rule). For example, in a design rule 0.35micrometer semiconductor device (very large scale integration), the accuracy of ± 0.035 micrometers is indispensable. However, in manufacture of a semiconductor device, it is fairly [actually / from the reason for / production

technology] difficult to maintain this accuracy regularly.

[0003]To the cause, i.e., the factor which fluctuates resist line width, by which this accuracy is unmaintainable. Mainly, 1) The variation in the rate of a light reflex of variation 7 substrate of variation 6 etching of the line width of change 5 photo mask (reticle) by the optical factor and the mechanical factor of change 4 exposure device of change 3 resist material of the characteristic. [of resist thickness] [of change 2 resist developing velocity] (Variation in oxide film thickness)

8) Although the level difference by a substrate pattern, etc. can be mentioned, in a photolithography process, the inside 1-4 of the above-mentioned factor becomes a factor which fluctuates resist line width.

[0004]Then, the item of 1-4 is explained further.

1) Change the change resist thickness of resist thickness by change of resist application conditions, for example, spreading ambient temperature, spreading atmosphere humidity, wafer number of rotations, turnover time, etc. If resist thickness changes with change of these resist application conditions, the resist line width after development will change. Drawing 7 is a graph which shows this relation, and resist thickness is taken along a horizontal axis and it has taken resist line width along the vertical axis. Generally, resist line width becomes so thick that resist thickness is thick (bulk effect), and it changes with interference of exposing light and the catoptric light from a substrate with a certain amplitude like drawing 7 further (standing wave effect). Since the influence of this standing wave effect is great, a 0.35-micrometer design rule requires ± 2.3 -nm thickness uniformity.

[0005]2) Since the change developing quantity of resist developing velocity is controlled by developing time under assumption with developing velocity regularity, change of developing velocity causes change of resist line width directly. Change of developing velocity is produced with a light exposure, prebaking temperature, PEB (Post Exposure Bake) temperature, developing solution temperature, etc.

3) The characteristic of the change resist material of the characteristic of a resist material is a rate of sensitivity, viscosity, a sensitizing agent, resin, and a solvent, etc., and these change causes a resist line width variation. However, the actual condition is depending for control of these change on a quality control of a resist maker.

4) The illumination of the change lighting meter by the optical factor of an exposure device and a mechanical factor and change of the distribution, change of an addition exposure meter, focus fluctuation, etc. can be considered. However, it cannot but depend for control of change by these factors on a quality control of an exposure device maker.

[0006]As mentioned above, although the change factor of resist line width was miscellaneous in large numbers, in stabilizing resist line width conventionally, it was going to control these factors independently respectively. However, in the way controlled separately, the limit of control of resist line width is according to a factor. The reason has the synthetic total amount of change of resist line width in being expressed with the root mean square of the amount of line width variations by each factor. for example, the change factor of resist line width $\rightarrow A, B, C, D$, and $E \rightarrow$ a large number as .. each of the control limit $\rightarrow a, b, c, d$, and $e \rightarrow$ if it is .., the synthetic total amount of line width variations and R are expressed with the following formula. If the number of $R = (a^2 + b^2 + c^2 + d^2 + e^2 + \dots)^{1/2}$, therefore change factors increases, the indeed synthetic amount of line width variations will become large, and even if it controls each change factor strictly, it is it ineffective arising so much.

[0007] On the other hand, in order to raise the degree of location of LSI, the work process of the wafer requires much more detailed pattern formation. In order to respond to this, the art is developed, and it is becoming complicated simultaneously, for example, art, such as PEB, CEL, and ARC, is applied.

1) With PEB(Post Exposure Bake) PEB. In order to reduce modification of the resist pattern (resist side-attachment-wall shape) by the standing wave effect at the time of exposing with single wavelength light, it is the processing which stimulates diffusion of a sensitizing agent and obtains an improvement of resist shape by heating after exposure by the thing of the baking powder performed before after-exposure development.

2) CELCEL is processing for forming material with photofading nature on resist, and raising contrast.

3) ARC (antireflection film)

ARC is for stopping the light reflex from a substrate and suppressing the line width change by a standing wave. Thus, although detailed resist pattern formation was attained by introducing an advanced process, the photolithography process became complicated as a result.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Saying as mentioned above that the processing process of the wafer became complicated, in order to attain detailed pattern formation has brought a result said that the change factor increased from a viewpoint of stable control of resist line width conversely. By the way, even if it is going to suppress a line width variation by improving the controllability of each process, as mentioned above, it is very difficult [it] technically to suppress a synthetic line width variation. For example, although the width of the temperature control of oven was ± 0.2 °C from ± 0.5 °C more strictly and stabilization of resist line width was tried, synthetic line width uniformity does not improve to about $0.035\mu\text{m}$ $\pm 0.004\mu\text{m}$, and it cannot be said to be a satisfactory result. In order to obtain a detailed pattern, if a process becomes complicated, so much, a line width variation factor will increase, and the amount of line width variations synthetic as mentioned above will become large, but this is because it is difficult to make small the amount of synthetic line width variations even if it controls each factor strictly individually.

[0009] Then, in performing pattern formation detailed to a wafer with the application of a complicated photolithography process, the purpose of this invention is to provide the pattern formation method which can raise synthetic resist line width uniformity, and is providing the device which enforces the method.

[0010]

[Means for Solving the Problem] Although it is because a process became complicated and a line width variation factor of became [a synthetic line width variation / large] increased, also logically and technically, raising the controllability of each process of this process and aiming at line width uniformity synthetic improvement as mentioned above, has a limit. Then, this invention person feeds back measurement data of resist line width to a processing unit, perceives controlling a synthetic line width variation by adjusting a processing condition of this process unit based on the data, and came to complete this invention.

[0011] To achieve the above objects, a pattern formation method by photolithography technique concerning this invention, In-line connection of the resist coater is made via a control device at a resist line-width-measurement device, Based on resist line-width-measurement data measured with a resist line-width-measurement device, Feedback control of the resist coater is carried out by an optimal condition

searched for about at least one of wafer turnover time of a resist coater, spreading ambient temperature, spreading atmosphere humidity, resist temperature, and wafer temperature, and it is characterized by stabilizing resist line width by it. It says being connected so that in-line connection may mean automatically carry of data and received data may be immediately processed on these specifications, and it also contains that automatically carry of the wafer is further carried out between each device.

[0012]Another pattern formation method concerning this invention makes in-line connection of the developer via a control device at a resist line-width-measurement device, Based on resist line-width-measurement data measured with a resist line-width-measurement device, Feedback control of the developer is carried out by an optimal condition searched for about at least one of development ambient temperature of a developer, development atmosphere humidity, developing solution temperature, and developing solution concentration, and it is characterized by stabilizing resist line width by it.

[0013]Furthermore it starts this invention, another pattern formation method makes in-line connection of the prebaking device via a control device at a resist line-width-measurement device, Based on resist line-width-measurement data measured with a resist line-width-measurement device, feedback control of the prebaking device is carried out by an optimal condition searched for about at least one of cooking time of a prebaking device, and cooking temperature, and it is characterized by stabilizing resist line width by it.

[0014]Furthermore it starts this invention, another pattern formation method makes in-line connection of the PEB treatment device via a control device at a resist line-width-measurement device, Based on resist line-width-measurement data measured with a resist line-width-measurement device, feedback control of the PEB device is carried out by an optimal condition searched for about at least one of cooking time of a PEB treatment device, and cooking temperature, and it is characterized by stabilizing resist line width by it.

[0015]In a desirable embodiment of above-mentioned this invention, line width distribution of one radial direction of a wafer is measured, and it is characterized by considering it as said measurement data about line width distribution of this entire wafer surface by this line width distribution. Thereby, time which resist line width measurement by a resist line-width-measurement device takes can be shortened.

[0016]A pattern formation device by photolithography technique concerning this invention for enforcing this invention method, In-line connection of the resist coater is made via a control device at a resist line-width-measurement device, Said control device based on resist line-width-measurement data measured with a resist line-width-measurement device, It is characterized by carrying out feedback control of the resist coater by an optimal condition searched for about at least one of wafer turnover time of a resist coater, spreading ambient temperature, spreading atmosphere humidity, resist temperature, and wafer temperature.

[0017]As for another device concerning this invention, in-line connection of the developer is made via a control device at a resist line-width-measurement device, Said control device is characterized by carrying out feedback control of the developer based on resist line-width-measurement data measured with a resist line-width-measurement device by an optimal condition searched for about at least one of development ambient temperature of a developer, development atmosphere humidity, developing solution temperature, and developing solution concentration.

[0018]Furthermore it starts this invention, as for another device, in-line connection of the prebaking device is made via a control device at a resist line-width-measurement device, Said control device is characterized

by carrying out feedback control of the prebaking device based on resist line-width-measurement data measured with a resist line-width-measurement device by an optimal condition attached and searched for about at least one of cooking time of a prebaking device, and cooking temperature.

[0019]Furthermore it starts this invention, as for another device, in-line connection of the PEB treatment device is made via a control device at a resist line-width-measurement device, Said control device is characterized by carrying out feedback control of the PEB treatment device based on resist line-width-measurement data measured with a resist line-width-measurement device by an optimal condition searched for about at least one of cooking time of a PEB treatment device, and cooking temperature.

[0020]Furthermore it starts this invention, another device is characterized by arranging these devices so that a wafer may be fed in order of a resist coater, an exposure device, a developer, a resist line-width-measurement device, and a postbake device.

[0021]

[Function]The line width of the wafer which process treatment ended is measured with a resist line-width-measurement device, and the synthetic amount of line width variations is calculated. When this synthetic amount of change is fed back to a process unit and the amount of change adjusts the processing condition of this process unit in the direction which becomes small, the synthetic amount of line width variations can be made small.

[0022]The relation between resist thickness and line width is as having been shown in drawing 7. Usually, resist is set as the thickness conditions which become the lowest [sensitivity] (it becomes thick [line width]). This is to prevent a short circuit, as line width becomes thin, even if it changes thickness.

There is an effect which makes a focus and an exposure latitude large.

Since in the invention of claim 1 thickness is adjusted positively and line width is controlled, thickness conditions are set to the middle point of a standing wave, and drawing 7 (b) or (d). When thickness conditions are set as drawing 7 (b), resist thickness becomes thin, so that the turnover time of a wafer is long at the time of a resist application, and line width becomes thin. Therefore, if line width is thicker than a preset value as a result of measurement, for example, resist thickness can be made thin and line width can be made to approach a preset value by it by lengthening the turnover time at the time of a resist application.

[0023]Resist thickness becomes thick, so that the spreading ambient temperature at the time of a resist application is high, and line width becomes thick. That is because resist viscosity becomes high by evaporation of the resist solvent under spreading more than the resist viscosity down by a rise in heat. Therefore, if line width is thicker than a preset value as a result of measurement, resist thickness can be made thin and line width can be made to approach a preset value by it by making low temperature at the time of a resist application, for example. Resist thickness becomes thin, so that the spreading atmosphere humidity at the time of a resist application is high, and line width becomes thin. Therefore, if line width is thicker than a preset value as a result of measurement, resist thickness can be made thin and line width can be made to approach a preset value by it by making high humidity at the time of a resist application, for example. It is more practical to adjust turnover time, when it is difficult to change temperature or humidity with rapidly sufficient accuracy.

[0024]Generally line width becomes thin, so that developing solution temperature is low. Therefore, if line

width is thicker than a preset value, line width can be made to approach a preset value by making developing solution temperature low in the invention of claim 2 as a result of measurement.

[0025] If prebaking time is lengthened as shown in drawing 8, sensitivity of resist will fall and line width will become thick. Therefore, if line width is thicker than a preset value as a result of measurement, for example, line width can be made to approach a preset value by shortening prebaking time in the invention of claim 3. If prebaking temperature is raised, sensitivity of resist will fall and line width will become thick. Therefore, if line width is thicker than a preset value as a result of measurement, line width can be made to approach a preset value by lowering prebaking temperature, for example by the invention of claim 3 similarly. However, it is more practical to adjust time, when it is difficult to change prebaking temperature with rapidly sufficient accuracy.

[0026] Line width will become thin, if PEB time is lengthened as shown in drawing 9. Therefore, if line width is thicker than a preset value as a result of measurement, line width can be made to approach a preset value by lengthening PEB time, for example in the invention of claim 4.

[0027] In order to carry out feedback control effectively, in-line connection of process processors and the resist line-width-measurement device is made. By becoming in-line, it is because process processors can adjust a processing condition automatically based on the data from a measuring device and processing can be advanced.

[0028] Generally line width distribution is the symmetry of revolution centering on the center of a wafer. Resist application processing and a development have had the largest influence on line width distribution, and it is because they are performed these processings rotating a wafer. Therefore, it can be made to represent by measuring line width distribution of one radial direction of a wafer as measurement data about line width distribution of an entire wafer surface.

[0029]

[Example] Hereafter, with reference to an accompanying drawing, this invention is explained more to details based on an example.

Example 1 drawing 1 is a flow chart which shows the composition of Example 1 of the device for enforcing the pattern formation method by the photolithography technique concerning this invention. In this example, as shown in drawing 1, the pattern formation device 10 is provided with the resist coater 12, the prebaking device 14, the exposure device 16, the developer 18, the postbake device 20, and the resist line-width-measurement machine 22, and in-line connection of them is made in this order. To the feedback system of the data from the resist line-width-measurement machine 22. Feedback control of the developer 18 is carried out by the optimal condition which the developing condition control device 24 is formed, and deduced the optimal condition from the resist line width data measured with the resist line-width-measurement machine 22 about at least one of ambient temperature, atmosphere humidity, developing solution temperature, and the developing solution concentration, and also was deduced.

[0030] Operation is explained below.

- 1) A wafer is processed more one by one with the resist coater 12, the prebaking device 14, the exposure device 16, the developer 18, and the postbake device 20, and line width is measured with the line-width-measurement machine 22.
- 2) The measurement data is sent to the developing condition control device 24.

3) The developing condition control device 24 computes the optimal condition based on line-width-measurement data about at least one of ambient temperature, atmosphere humidity, developing solution temperature, and the developing solution concentration, and controls the developer 18 by the condition.

[0031] In this example, since a total of 2 s, the thing in the postbake device 20 and the thing in development, exists as a wafer which does not require feedback, it seems that there is a problem referred to as being unable to respond in rapid change generated in less than 2 s of wafer processings, but. Since generating of this rapid change is rare, it does not pose a problem actually. By this example, it is the resist for excimers. When WKR-PT1 (made by Wako Pure Chem) was processed, as for the line width variation, 0.35micrometer**0.02micrometer was obtained.

[0032] Example 2 drawing 2 is a flow chart which shows the composition of Example 2 of the device for enforcing the pattern formation method by the photolithography technique concerning this invention. In this example, as shown in drawing 2, the pattern formation device 40 is provided with the resist coater 12, the prebaking device 14, the exposure device 16, the developer 18, the line-width-measurement machine 22, and the postbake device 20, and in-line connection of them is made in this order. To the feedback system of the data from the line-width-measurement machine 22. The developing condition optimal from the resist line width data which the developing condition control device 24 is formed and was measured with the resist line-width-measurement machine 22. That is, feedback control of the developer 18 is carried out by the optimal developing condition which deduced the optimal developing condition about at least one of ambient temperature, atmosphere humidity, developing solution temperature, and the developing solution concentration, and also was deduced.

[0033] Next, operation is explained.

1) A wafer is processed more one by one with the resist coater 12, the prebaking device 14, the exposure device 16, and the developer 18, and resist line width is measured with the line-width-measurement machine 22. Then, a wafer is sent to the postbake device 20.

2) The measurement data is sent to the developing condition control device 24.

3) The developing condition control device 24 computes the optimal condition based on line-width-measurement data about at least one of the optimal developing condition, i.e., ambient temperature, atmosphere humidity, developing solution temperature, and the developing solution concentration, and controls the developer 18 by the optimal condition. In this example, the line-width-measurement machine 22 is formed immediately after the developer 18. Therefore, the wafer which feedback does not require has only 1 s. Therefore, it has an advantage referred to as being able to respond also to a rapid line width variation. It is the resist for excimers by this example. When WKR-PT1 (made by Wako Pure Chem) was processed, as for the line width variation, 0.35micrometer**0.015micrometer was obtained.

[0034] Example 3 drawing 3 is a flow chart which shows the composition of Example 3 of the device for enforcing the pattern formation method by the photolithography technique concerning this invention. In this example, as shown in drawing 3, the pattern formation device 50 is provided with the resist coater 12, the prebaking device 14, the exposure device 16, the developer 18, the line-width-measurement machine 22, and the postbake device 20, and in-line connection of them is made in this order. To the feedback system of

the data from the line-width-measurement machine 22. The conditions for the resist thickness control device 26 being formed and obtaining the optimal resist thickness from measurement data, That is, the optimal condition is deduced about at least one of wafer turnover time, spreading ambient temperature, spreading atmosphere humidity, resist temperature, and wafer temperature, and feedback control of the resist coater 12 is carried out on the condition.

[0035] Operation is explained below.

1) A wafer is processed more one by one with the resist coater 12, the prebaking device 14, the exposure device 16, and the developer 18, and resist line width is measured with the line-width-measurement machine 22. A wafer is sent to the postbake device 20 after that.

2) The measurement data is sent to the resist thickness control device 26.

The resist thickness control device 26 based on line-width-measurement data 3) The optimal resist conditions, That is, the optimal condition is computed about at least one of the wafer turnover time of the resist coater 12, ambient temperature, atmosphere humidity, resist temperature, and the wafer temperature, and feedback control of the resist coater 12 is carried out by the optimal condition.

[0036] In this example, there are 3 s of wafers which feedback does not require between the line-width-measurement machine 22 and the resist coater 12. Therefore, it can respond to the line width variation to which the processing time for three wafers is applied and which happens. It is the resist for excimers by this example. When WKR-PT1 (made by Wako Pure Chem) was processed, as for the line width variation, $0.35\text{micrometer} \pm 0.015\text{micrometer}$ was obtained.

[0037] Example 4 drawing 4 is a flow chart which shows the composition of Example 4 of the device for enforcing the pattern formation method by the photolithography technique concerning this invention. In this example, as shown in drawing 4, the pattern formation device 60 is provided with the resist coater 12, the prebaking device 14, the exposure device 16, the developer 18, the line-width-measurement machine 22, and the postbake device 20, and in-line connection of them is made in this order. To the feedback system of the measurement data from the line-width-measurement machine 22. The prebaking control device 28 is formed, the optimal condition is deduced from measurement data about at least one of the optimal prebaking conditions, i.e., cooking time, and the cooking temperature, and feedback control of the prebaking device 14 is carried out by the optimal condition.

[0038] Operation is explained below.

1) A wafer is processed more one by one with the resist coater 12, the prebaking device 14, the exposure device 16, and the developer 18, and resist line width is measured with the line-width-measurement machine 22. A wafer is sent to the postbake device 20 after that.

2) Line-width-measurement data is sent to the prebaking control device 28.

3) The prebaking control device 28 computes the optimal prebaking conditions based on line-width-measurement data, and controls the cooking time of the prebaking device 14, cooking temperature, or its both sides. Although there are two wafers which feedback does not require between the line-width-measurement machine 22 and the prebaking device 14 in this example, since the line width change to a prebaking temporal change is loose, the detailed control of it is attained. It is the resist for excimers by this example. When WKR-PT1 (made by Wako Pure Chem) was processed, as for the line width variation, $0.35\text{micrometer} \pm 0.020\text{micrometer}$ was obtained.

[0039]Example 5 drawing 5 is a flow chart which shows the composition of Example 5 of the device for enforcing the pattern formation method by the photolithography technique concerning this invention. In this example, as shown in drawing 5, the pattern formation device 70 is provided with the resist coater 12, the prebaking device 14, the exposure device 16, PEB device 30, the developer 18, the line-width-measurement machine 22, and the postbake device 20, and in-line connection of them is made in this order. To the feedback system of the measurement data from the line-width-measurement machine 22. The PEB control device 32 is formed, the optimal condition is deduced from measurement data about at least one of the optimal PEB conditions, i.e., cooking time, and the cooking temperature, and feedback control of PEB device 30 is carried out by the optimal condition.

[0040]Operation is explained below.

- 1) A wafer is processed more one by one with the resist coater 12, the prebaking device 14, the exposure device 16, and the developer 18, and resist line width is measured with the line-width-measurement machine 22. Then, a wafer is sent to the postbake device 20.
- 2) Line-width-measurement data is sent to the PEB control device 32.
- 3) The PEB control device 32 computes the optimal PEB conditions based on line-width-measurement data, and controls the time of PEB device 30. Here, in this example, cooking time, cooking temperature, or its both sides are set up as optimal PEB conditions. Although there are two wafers which feedback does not require between the line-width-measurement machine 22 and the PEB control device 14 in this example, since the line width change to a prebaking temporal change is loose, the detailed control of it is attained. It is the resist for excimers by this example. When WKR-PT1 (made by Wako Pure Chem) was processed, as for the line width variation, $0.35\text{micrometer} \times 0.020\text{micrometer}$ was obtained.

[0041]It is also possible to control line width by temperature in Examples 1-5. However, it may not be practical to control temperature with rapidly sufficient accuracy generally.

[0042]It is a key map which example 6 drawing 6 (a) makes the center of a wafer the point of symmetry, and illustrates that line width distribution of resist line width is the symmetry of revolution, and drawing 6 (b) is a key map explaining the line width distribution to represent. As shown in drawing 6 (b), since line width distribution of resist line width is the symmetry of revolution, it can measure line width distribution of one radial direction of a wafer, and can represent line width distribution of this entire wafer surface with this data. According to this method, since measuring time is completed in a little more than 1 minute, measurement does not carry out rate-limiting [of the wafer processing].

[0043]

[Effect of the Invention]According to this invention method given in claims 1-5, measure the line width uniformity of the wafer which process treatment ended with a resist line-width-measurement device, and the synthetic amount of line width variations is calculated, When this synthetic amount of change is fed back to a process unit and the amount of change adjusts the processing condition of this process unit in the direction which becomes small, the synthetic amount of line width variations is made small. Also when performing detailed pattern formation to a wafer with the application of a complicated process by applying this invention method compared with the control according to change factor of the resist line width of 1 former, synthetic line width uniformity can be raised.

- 2) Since it can respond promptly synthetically to many various resist line width variation factors, a resist

line width variation can be suppressed to the minimum.

3) Since it becomes possible to make comparatively loose control stringency of the control device of each process process, the expense which a control device takes is mitigable. According to this invention device given in claims 6-10, it is constituted so that the pattern formation method concerning this invention can be enforced easily.

[Translation done.]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許公開番号

特開平7-211630

(43)公開日 平成7年(1995)8月11日

(51)Int.Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027				
G 0 3 F 7/16	5 0 1	7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	5 6 4 Z
		7352-4M		5 6 9 Z

審査請求 未請求 請求項の数10 F D (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平6-23623

(22)出願日 平成6年(1994)1月26日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社
東京都品川区北品川6丁目7番35号(72)発明者 池田 利喜夫
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
株式会社内(72)発明者 池守 利郎
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
株式会社内

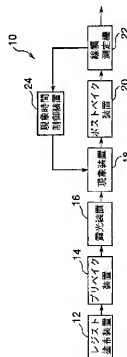
(74)代理人 弁理士 高橋 光男

(54)【発明の名称】 パターン形成方法及びその装置

(57)【要約】

【目的】 複雑なフォトリソグラフィプロセスにおいても、総合的な線幅均一性を向上させる方法を提供することであり、またその方法を実施する装置を提供する。

【構成】 フォトリソグラフィ技術による本パターン形成方法は、制御装置24を介して現像装置18をレジスト線幅測定装置22にインライン接続し、レジスト線幅測定装置により計測したレジスト線幅測定データに基づき、現像装置の現像雰囲気温度、現像雰囲気湿度、現像液温度及び現像液濃度のうちの少なくとも一つについてその最適条件を制御装置により求めて現像装置にフィードバックし、それによってレジスト線幅を安定化する。本パターン形成装置10は、現像装置が、制御装置を介してレジスト線幅測定装置にインライン接続され、制御装置が、レジスト線幅測定装置により計測したレジスト線幅測定データに基づき、現像装置の現像雰囲気温度、現像雰囲気湿度、現像液温度及び現像液濃度のうちの少なくとも一つについて求めた最適条件で現像装置をフィードバック制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 フォトリソグラフィ技術によりウェハ上にパターンを形成する方法において、制御装置を介してレジスト塗布装置をレジスト線幅測定装置にインライン接続し、レジスト線幅測定装置により計測したレジスト線幅測定データに基づき、レジスト塗布装置のウェハ回転時間、塗布雰囲気温度、塗布雰囲気湿度、レジスト温度及びウェハ温度のうちの少なくとも一つについて求めた最適条件でレジスト塗布装置をフィードバック制御し、それによってレジスト線幅を安定化することを特徴とするパターン形成方法。

【請求項2】 フォトリソグラフィ技術によりウェハ上にパターンを形成する方法において、制御装置を介して現像装置をレジスト線幅測定装置にインライン接続し、レジスト線幅測定装置により計測したレジスト線幅測定データに基づき、現像装置の現像雰囲気温度、現像雰囲気湿度、現像液温度及び現像液濃度のうちの少なくとも一つについて求めた最適条件で現像装置をフィードバック制御し、それによってレジスト線幅を安定化することを特徴とするパターン形成方法。

【請求項3】 フォトリソグラフィ技術によりウェハ上にパターンを形成する方法において、制御装置を介してプリベイク装置をレジスト線幅測定装置にインライン接続し、レジスト線幅測定装置により計測したレジスト線幅測定データに基づき、プリベイク装置の加熱時間及び加熱温度のうちの少なくとも一つについて求めた最適条件でプリベイク装置をフィードバック制御し、それによってレジスト線幅を安定化することを特徴とするパターン形成方法。

【請求項4】 フォトリソグラフィ技術によりウェハ上にパターンを形成する方法において、制御装置を介してP E B処理装置をレジスト線幅測定装置にインライン接続し、レジスト線幅測定装置により計測したレジスト線幅測定データに基づき、P E B処理装置の加熱時間及び加熱温度のうちの少なくとも一つについて求めた最適条件でP E B装置をフィードバック制御し、それによってレジスト線幅を安定化することを特徴とするパターン形成方法。

【請求項5】 ウェハの一半径方向の線幅分布を測定し、この線幅分布を以て該ウェハ全面の線幅分布に関する前記測定データとすることを特徴とする請求項1から4のうちのいずれか1項に記載のパターン形成方法。

【請求項6】 フォトリソグラフィ技術によりウェハ上にパターンを形成する装置において、レジスト塗布装置が、制御装置を介してレジスト線幅測定装置にインライン接続され、前記制御装置が、レジスト線幅測定装置により計測したレジスト線幅測定データに基づき、レジスト塗布装置のウェハ回転時間、塗布雰囲気温度、塗布雰囲気湿度、レジスト温度及びウェハ温度のうちの少なくとも一つについて求めた最適条件でレジスト塗布

装置をフィードバック制御することを特徴とするパターン形成装置。

【請求項7】 フォトリソグラフィ技術によりウェハ上にパターンを形成する装置において、現像装置が、制御装置を介してレジスト線幅測定装置にインライン接続され、前記制御装置が、レジスト線幅測定装置により計測したレジスト線幅測定データに基づき、現像装置の現像雰囲気温度、現像雰囲気湿度、現像液温度及び現像液濃度のうちの少なくとも一つについて求めた最適条件で現像装置をフィードバック制御することを特徴とするパターン形成装置。

【請求項8】 フォトリソグラフィ技術によりウェハ上にパターンを形成する装置において、プリベイク装置が、制御装置を介してレジスト線幅測定装置にインライン接続され、前記制御装置が、レジスト線幅測定装置により計測したレジスト線幅測定データに基づき、プリベイク装置の加熱時間及び加熱温度のうちの少なくとも一つについて求めた最適条件でプリベイク装置をフィードバック制御することを特徴とするパターン形成装置。

【請求項9】 フォトリソグラフィ技術によりウェハ上にパターンを形成する装置において、P E B処理装置が、制御装置を介してレジスト線幅測定装置にインライン接続され、前記制御装置が、レジスト線幅測定装置により計測したレジスト線幅測定データに基づき、P E B処理装置の加熱時間及び加熱温度のうちの少なくとも一つについて求めた最適条件でP E B処理装置をフィードバック制御することを特徴とするパターン形成装置。

【請求項10】 フォトリソグラフィ技術によりウェハ上にパターンを形成する装置において、レジスト塗布装置、露光装置、現像装置、レジスト線幅測定装置及びポストベイク装置の順にウェハが送給されるように、それら装置が配置されていることを特徴とするパターン形成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体装置の製造工程においてフォトリソグラフィ技術を利用して必要なパターンをウェハ上に形成する方法及びその装置に関するもので、更に詳細には、フォトレジストの線幅変動を抑制して線幅均一性を向上させることのできるパターン形成方法及びその装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体装置の微細化が進み、それに伴って精度の高いパターン形成技術が必要となって来ている。一般に、パターン形成工程におけるパターン線幅又はレジスト線幅均一性についての要求精度は、デザインルール（幾何学的設計規則）の±10%と言う高い精度である。例えば、デザインルール0.35μmの半導体装置（超LSI）では、±0.035μmの精度が必須である。しかしながら、半導体装置の製造におい

て、かかる精度を定常的に維持するのは、現実には製造技術的理由から相当に難しい。

【0003】この精度を維持できない原因、即ちレジスト線幅を変動させる要因には、主として、

- 1) レジスト膜厚の変動
- 2) レジスト現像速度の変動
- 3) レジスト材料の特性の変動
- 4) 露光装置の光学的な要因及びメカニカルな要因による変動
- 5) フォトマスク（レチクル）の線幅のパラッキ
- 6) エッチングのパラッキ
- 7) 基板の光反射率のパラッキ（酸化膜膜厚のパラッキ）
- 8) 下地パターンによる段差

等を挙げることができるが、フォトリソグラフィ工程においては、上記要因のうち1)～4)がレジスト線幅を変動させる要因となる。

【0004】そこで、1)～4)の項目について、更に、説明する。

1) レジスト膜厚の変動

レジスト膜厚は、レジスト塗布条件、例えば塗布雰囲気温度、塗布雰囲気湿度、ウェハ回転数、回転時間などの変動によって変動する。これらのレジスト塗布条件の変動によりレジスト膜厚が変化すると、現像後のレジスト線幅が変化する。図7はこの関係を示すグラフであって、横軸にレジスト膜厚、縦軸にレジスト線幅を取っている。一般に、レジスト線幅は、レジスト膜厚が厚いほど太くなり（バルク効果）、更に、露光光と基板からの反射光の干渉によって図7のごとく、ある振幅をもって変化する（定在波効果）。この定在波効果の影響が大きいため、 $0.35\mu\text{m}$ デザインルールでは $\pm 2.3\text{nm}$ の膜厚均一性が要求される。

【0005】2) レジスト現像速度の変動

現像量は現像速度一定との想定の下に現像時間で制御されているので、現像速度の変動は直接的にレジスト線幅の変動を招く。現像速度の変動は、露光量、プリベイク温度、PEB（Post Exposure Bake）温度、現像液温度等によって生じる。

3) レジスト材料の特性の変動

レジスト材料の特性とは、感度、粘度、感光剤、樹脂、溶剤の割合などであって、これらの変動はレジスト線幅変動の原因となる。しかし、これらの変動の抑制はレジストメーカーの品質管理に依存せざるを得ないのが現状である。

4) 露光装置の光学的な要因、メカニカルな要因による変動

照明計の照度およびその分布の変動、積算露光計の変動、フォーカス変動などが考えられる。しかし、これらの要因による変動の抑制は、露光装置メーカーの品質管理に依存せざるを得ない。

【0006】以上のように、レジスト線幅の変動要因は数多くかつ種々雑多であるが、従来、レジスト線幅を安定化するために、それら要因を各々別々に制御しようとしていた。しかし、要因別に個々に制御するやり方では、レジスト線幅の制御の限界がある。その理由は、レジスト線幅の総合的なトータルの変動量が個々の要因による線幅変動量の2乗平均で表現されることにある。例えば、レジスト線幅の変動要因がA、B、C、D、E、・と多数あって、その各々の制御限界がa、b、c、d、e、・であるとするれば、総合的なトータルの線幅変動量、Rは、次の式で表される。

$$R = (a^2 + b^2 + c^2 + d^2 + e^2 + \dots)^{1/2}$$

従って、変動要因の数が多くなればなるほど総合的な線幅変動量が大きくなり、個々の変動要因を厳密に制御してもそれ程効果が生じなくなる。

【0007】一方、LSIの集積度を上げるため、ウェハの加工工程では、より一層微細なパターン形成が要求されている。これに応えるため、その技術は高度化し、同時に複雑になって来ている。例えば、PEB、CEL、ARC等の技術が適用されている。

1) PEB（Post Exposure Bake）

PEBとは、単一波長光で露光した場合の定在波効果によるレジストパターン（レジスト側壁形状）の変形を軽減するために、露光後現像前に行うベークングのことで、露光後、加熱することにより、感光剤の拡散を促しレジスト形状の改善を得る処理である。

2) CEL

CELとは、光透過性のある材料をレジスト上に形成し、コントラストを上げるための処理である。

3) ARC（反射防止膜）

ARCとは、基板からの光反射を抑え、定在波による線幅変化を抑えるためのものである。このように高度なプロセスを導入することによって、微細なレジストパターン形成が可能となったが、結果的に、フォトリソグラフィ工程は複雑になったのである。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】微細なパターン形成を達成するために、以上のように、ウェハの加工プロセスが複雑になったと言うことは、レジスト線幅の安定的制御の観点からは、その変動要因が逆に増加したと言う結果になっている。ところで、各々のプロセスの制御性を向上することにより、線幅変動を抑えようとしても、前述したように、総合的な線幅変動を抑えることは技術的に極めて難しい。例えば、オープン温度制御の幅をより厳密に、例えば $\pm 0.5^\circ\text{C}$ から $\pm 0.2^\circ\text{C}$ にしてレジスト線幅の安定化を試みたが、総合的線幅均一性は $0.035\mu\text{m} \pm 0.004\mu\text{m}$ 程度にしか向上せず、満足な結果とは言えない。この理由は、微細なパターンを得るためにプロセスが複雑になると、それだけ、線幅変動要因が増加することによって、前述のように総合的

な線幅変動量が大きくなるが、各要因を個別に厳密に制御しても総合的線幅変動量を小さくすることが難しいからである。

【0009】そこで、本発明の目的は、複雑なフォトリソグラフィプロセスを適用してウェハ上に微細なパターン形成を行うに当たり、総合的なレジスト線幅均一性を向上させることのできるパターン形成方法を提供することであり、またその方法を実施する装置を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】総合的な線幅変動が大きくなったのは、プロセスが複雑になり線幅変動要因が増えたためであるが、前述のように、該プロセスの各工程の制御性を向上させて、総合的な線幅均一性の向上を図るのは、論理的にも技術的にも限界がある。そこで、本発明者は、レジスト線幅の測定データを処理装置にフィードバックし、そのデータを基に該プロセス装置の処理条件を調整することにより総合的な線幅変動を抑制することに着眼し、本発明を完成するに到った。

【0011】上記目的を達成するために、本発明に係るフォトリソグラフィ技術によるパターン形成方法は、制御装置を介してレジスト塗布装置をレジスト線幅測定装置にインライン接続し、レジスト線幅測定装置により計測したレジスト線幅測定データに基づき、レジスト塗布装置のウェハ回転時間、塗布雰囲気温度、塗布雰囲気湿度、レジスト温度及びウェハ温度のうちの少なくとも一つについて求めた最適条件でレジスト塗布装置をフィードバック制御し、それによってレジスト線幅を安定化することを特徴としている。本明細書で、インライン接続とは、データの自動搬送を意味し、受け入れたデータを即時に処理するように接続されていることを言い、更に各装置間でウェハが自動搬送されることも含んでいる。

【0012】本発明に係る別のパターン形成方法は、制御装置を介して現像装置をレジスト線幅測定装置にインライン接続し、レジスト線幅測定装置により計測したレジスト線幅測定データに基づき、現像装置の現像雰囲気温度、現像雰囲気湿度、現像液温度及び現像液濃度のうちの少なくとも一つについて求めた最適条件で現像装置をフィードバック制御し、それによってレジスト線幅を安定化することを特徴としている。

【0013】本発明に係る更に別のパターン形成方法は、制御装置を介してプリベイク装置をレジスト線幅測定装置にインライン接続し、レジスト線幅測定装置により計測したレジスト線幅測定データに基づき、プリベイク装置の加熱時間及び加熱温度のうちの少なくとも一つについて求めた最適条件でプリベイク装置をフィードバック制御し、それによってレジスト線幅を安定化することを特徴としている。

【0014】本発明に係る更に別のパターン形成方法

は、制御装置を介してP E B処理装置をレジスト線幅測定装置にインライン接続し、レジスト線幅測定装置により計測したレジスト線幅測定データに基づき、P E B処理装置の加熱時間及び加熱温度のうちの少なくとも一つについて求めた最適条件でP E B装置をフィードバック制御し、それによってレジスト線幅を安定化することを特徴としている。

【0015】上記本発明の望ましい実施態様では、ウェハの半径方向の線幅分布を測定し、この線幅分布を以て該ウェハ全面の線幅分布に関する前記測定データとすることを特徴としている。これにより、レジスト線幅測定装置によるレジスト線幅測定に要する時間を短縮することができる。

【0016】本発明方法を実施するための本発明に係るフォトリソグラフィ技術によるパターン形成装置は、レジスト塗布装置が、制御装置を介してレジスト線幅測定装置にインライン接続され、前記制御装置が、レジスト線幅測定装置により計測したレジスト線幅測定データに基づき、レジスト塗布装置のウェハ回転時間、塗布雰囲気温度、塗布雰囲気湿度、レジスト温度及びウェハ温度のうちの少なくとも一つについて求めた最適条件でレジスト塗布装置をフィードバック制御することを特徴としている。

【0017】本発明に係る別の装置は、現像装置が、制御装置を介してレジスト線幅測定装置にインライン接続され、前記制御装置が、レジスト線幅測定装置により計測したレジスト線幅測定データに基づき、現像装置の現像雰囲気温度、現像雰囲気湿度、現像液温度及び現像液濃度のうちの少なくとも一つについて求めた最適条件で現像装置をフィードバック制御することを特徴としている。

【0018】本発明に係る更に別の装置は、プリベイク装置が、制御装置を介してレジスト線幅測定装置にインライン接続され、前記制御装置が、レジスト線幅測定装置により計測したレジスト線幅測定データに基づき、プリベイク装置の加熱時間及び加熱温度のうちの少なくとも一つについて求めた最適条件でプリベイク装置をフィードバック制御することを特徴としている。

【0019】本発明に係る更に別の装置は、P E B処理装置が、制御装置を介してレジスト線幅測定装置にインライン接続され、前記制御装置が、レジスト線幅測定装置により計測したレジスト線幅測定データに基づき、P E B処理装置の加熱時間及び加熱温度のうちの少なくとも一つについて求めた最適条件でP E B処理装置をフィードバック制御することを特徴としている。

【0020】本発明に係る更に別の装置は、レジスト塗布装置、露光装置、現像装置、レジスト線幅測定装置及びポストベイク装置の順にウェハが送給されるように、それら装置が配置されていることを特徴としている。

【0021】

【作用】プロセス処理が終了したウェハの線幅をレジスト線幅測定装置により測定して、総合的な線幅変動量を求める。この総合的な変動量をプロセス装置にフィードバックし、該プロセス装置の処理条件を変動量が小さくなる方向に調整することにより、総合的な線幅変動量を小さくすることができる。

【0022】レジスト膜厚と線幅の関係は、図7に示した通りである。通常、レジストは最も感度の低くなる（線幅の太くなる）膜厚条件に設定されている。これは、若し膜厚が変動しても、線幅が細くなるようにしてショートを防ぐためであり、また、フォーカス、露光ラチチュードを広げる効果もある。請求項1の発明の場合、積極的に膜厚を調整して線幅を制御するものであるから、膜厚条件は定在波の中心、図7（b）または

（d）におく。膜厚条件を図7（b）に設定した場合、レジスト塗布時においてウェハの回転時間が長いほどレジスト膜厚は薄くなり、線幅は細くなる。よって、測定の結果、線幅が設定値より太ければ、例えば、レジスト塗布時の回転時間を長くすることによりレジスト膜厚を薄くし、それによって線幅を設定値に接近させることができる。

【0023】また、レジスト塗布時の塗布雰囲気温度が高いほどレジスト膜厚は厚くなり、線幅は太くなる。それは、温度上昇によるレジスト粘度低下以上に、塗布中のレジスト溶剤の蒸発によりレジスト粘度が高くなるからである。よって、測定の結果、線幅が設定値より太ければ、例えばレジスト塗布時の温度を低くすることにより、レジスト膜厚を薄くし、それによって線幅を設定値に接近させることができる。レジスト塗布時の塗布雰囲気温度が高いほどレジスト膜厚は薄くなり、線幅は細くなる。よって、測定の結果、線幅が設定値より太ければ、例えばレジスト塗布時の湿度を高くすることにより、レジスト膜厚を薄くし、それによって線幅を設定値に接近させることができる。湿度又は湿度を急激に精度よく変化させることが困難な場合には、回転時間を調整するほうが実質的である。

【0024】現像液温度が低いほど一般に線幅は細くなる。よって、請求項2の発明では、測定の結果、線幅が設定値より太ければ現像液温度を低くすることにより線幅を設定値に接近させることができる。

【0025】図8に示すように、プリベイク時間を長くするとレジスト感度が下がり、線幅は太くなる。よって、請求項3の発明では、測定の結果、線幅が設定値より太ければ、例えば、プリベイク時間を短くすることにより線幅を設定値に接近させることができる。プリベイク温度を上げるとレジスト感度が下がり線幅は太くなる。よって、同じく請求項3の発明では、測定の結果、線幅が設定値より太ければ、例えばプリベイク温度を下げることで線幅を設定値に接近させることができ

る。しかしプリベイク温度を急激に精度よく変化させることは困難な場合には、時間を調整するほうが実質的である。

【0026】図9に示すように、PEB時間を長くすると、線幅が細くなる。よって、請求項4の発明では、測定の結果、線幅が設定値より太ければ、例えばPEB時間を長くすることにより線幅を設定値に接近させることができる。

【0027】効果的にフィードバック制御するために、プロセス処理装置とレジスト線幅測定装置をインライン接続する。インライン化することにより、測定装置からのデータを基にプロセス処理装置が自動的に処理条件を調整し、処理を進めることができるからである。

【0028】一般に線幅分布はウェハの中心を軸にした回転対称になっている。なぜなら、線幅分布に最も大きい影響を及ぼしているのはレジスト塗布処理、現像処理であり、これらの処理はウェハを回転させつつ施されるからである。よって、ウェハ全面の線幅分布に関する測定データとして、ウェハの一半径方向の線幅分布を測定することにより代表させることができる。

【0029】

【実施例】以下、添付図面を参照し、実施例に基づいて本発明をより詳細に説明する。

実施例1

図1は、本発明に係るフォトリソグラフィ技術によるパターン形成方法を実施するための装置の実施例1の構成を示すフローチャートである。本実施例では、図1に示すように、パターン形成装置10は、レジスト塗布装置12、プリベイク装置14、露光装置16、現像装置18、ポストベイク装置20及びレジスト線幅測定機22を備えており、それらがこの順序でインライン接続されている。更に、レジスト線幅測定機22からのデータのフィードバック系には、現像条件制御装置24が設けられていて、レジスト線幅測定機22で測定したレジスト線幅データから雰囲気温度、雰囲気湿度、現像液温度及び現像液濃度の少なくとも一つについて最速条件を割り出し、更に割り出した最速条件で現像装置18をフィードバック制御する。

【0030】つぎに動作を説明する。

1) ウェハは、レジスト塗布装置12、プリベイク装置14、露光装置16、現像装置18、ポストベイク装置20で順次より処理され、線幅測定機22で線幅が測定される。

2) その測定データは、現像条件制御装置24に送られる。

3) 現像条件制御装置24は、線幅測定データを基に雰囲気温度、雰囲気湿度、現像液温度及び現像液濃度の少なくとも一つについてその最速条件を算出し、現像装置18をその条件で制御する。

【0031】本実施例では、フィードバックがからな

いウェハーとして、ポストバイク装置 20 内にあるもの、現像中のものの計 2 s が存在するので、ウェハー処理 2 s 以内に発生する急激な変動には対応できないと言問題があるように見えるが、かかる急激な変動の発生は稀であるから、実際には問題とならない。本実施例によって、エキシマ用レジスト WKR-PT1 (和光純薬製) を処理したところ、線幅変動は $0.35 \mu\text{m} \pm 0.02 \mu\text{m}$ が得られた。

【0032】実施例 2

図 2 は、本発明に係るフォトリソグラフィ技術によるパターン形成方法を実施するための装置の実施例 2 の構成を示すフローチャートである。本実施例では、図 2 に示すように、パターン形成装置 40 は、レジスト塗布装置 12、プリバイク装置 14、露光装置 16、現像装置 18、線幅測定機 22 及びポストバイク装置 20 を備えており、それらがこの順序でインライン接続されている。更に、線幅測定機 22 からのデータのフィードバック系には、現像条件制御装置 24 が設けられていて、レジスト線幅測定機 22 で測定したレジスト線幅データから最適な現像条件、即ち雰囲気温度、雰囲気湿度、現像液濃度及び現像液濃度の少なくとも一つについてその最適な現像条件を割り出し、更に割り出した最適な現像条件で現像装置 18 をフィードバック制御する。

【0033】次に動作を説明する。

1) ウェハーは、レジスト塗布装置 12、プリバイク装置 14、露光装置 16、現像装置 18 で順次より処理され、線幅測定機 22 でレジスト線幅が測定される。その後、ウェハーは、ポストバイク装置 20 に送られる。2) その測定データは、現像条件制御装置 24 に送られる。3) 現像条件制御装置 24 は、線幅測定データを基に最適な現像条件、即ち雰囲気温度、雰囲気湿度、現像液濃度、現像液濃度の少なくとも一つについてその最適条件を算出し、その最適条件で現像装置 18 を制御する。本実施例では現像装置 18 の直後に線幅測定機 22 が設けられている。よってフィードバックのかからないウェハーは 1 s しかない。よって急激な線幅変動にも対応できるという利点を有する。本実施例によってエキシマ用レジスト WKR-PT1 (和光純薬製) を処理したところ線幅変動は $0.35 \mu\text{m} \pm 0.015 \mu\text{m}$ が得られた。

【0034】実施例 3

図 3 は、本発明に係るフォトリソグラフィ技術によるパターン形成方法を実施するための装置の実施例 3 の構成を示すフローチャートである。本実施例では、図 3 に示すように、パターン形成装置 50 は、レジスト塗布装置 12、プリバイク装置 14、露光装置 16、現像装置 18、線幅測定機 22 及びポストバイク装置 20 を備えており、それらがこの順序でインライン接続されている。更に、線幅測定機 22 からのデータのフィードバック系

には、レジスト膜厚制御装置 26 が設けられていて、測定データから最適レジスト膜厚を得るための条件、即ちウェハー回転時間、塗布雰囲気温度、塗布雰囲気湿度、レジスト温度及びウェハー温度のうちの少なくとも一つについてその最適条件を割り出し、その条件でレジスト塗布装置 12 をフィードバック制御する。

【0035】つぎに動作を説明する。

1) ウェハーはレジスト塗布装置 12、プリバイク装置 14、露光装置 16、現像装置 18 で順次より処理され、線幅測定機 22 でレジスト線幅が測定される。その後ウェハーはポストバイク装置 20 に送られる。2) その測定データはレジスト膜厚制御装置 26 に送られる。3) レジスト膜厚制御装置 26 は、線幅測定データを基に最適レジスト条件、即ちレジスト塗布装置 12 のウェハー回転時間、雰囲気温度、雰囲気湿度、レジスト温度、ウェハー温度の少なくとも一つについてその最適条件を算出し、その最適条件でレジスト塗布装置 12 をフィードバック制御する。

【0036】本実施例では、線幅測定機 22 とレジスト塗布装置 12 の間に、フィードバックのかからないウェハーは 3 s ある。よってウェハー 3 枚分の処理時間をかけて起こる線幅変動には対応できる。本実施例によってエキシマ用レジスト WKR-PT1 (和光純薬製) を処理したところ線幅変動は $0.35 \mu\text{m} \pm 0.015 \mu\text{m}$ が得られた。

【0037】実施例 4

図 4 は、本発明に係るフォトリソグラフィ技術によるパターン形成方法を実施するための装置の実施例 4 の構成を示すフローチャートである。本実施例では、図 4 に示すように、パターン形成装置 60 は、レジスト塗布装置 12、プリバイク装置 14、露光装置 16、現像装置 18、線幅測定機 22 及びポストバイク装置 20 を備えており、それらがこの順序でインライン接続されている。更に、線幅測定機 22 からの測定データのフィードバック系には、プリバイク制御装置 28 が設けられていて、測定データから最適プリバイク条件、即ち加熱時間及び加熱温度の少なくとも一つについてその最適条件を割り出し、その最適条件でプリバイク装置 14 をフィードバック制御する。

【0038】つぎに動作を説明する。

1) ウェハーはレジスト塗布装置 12、プリバイク装置 14、露光装置 16、現像装置 18 で順次より処理され、線幅測定機 22 でレジスト線幅が測定される。その後ウェハーはポストバイク装置 20 に送られる。2) 線幅測定データはプリバイク制御装置 28 に送られる。3) プリバイク制御装置 28 は線幅測定データを基に最適プリバイク条件を算出し、プリバイク装置 14 の加熱時間又は加熱温度又はその双方を制御する。本実施例で

は線幅測定機22とプリベイク装置14の間に、フィードバックのからないウェハが2枚あるが、プリベイク時間変化に対する線幅変化は緩やかであるため精密な制御が可能となる。本実施例によってエキシマ用レジスト WKR-PT1 (和光純薬製) を処理したところ線幅変動は、 $0.35\mu\text{m} \pm 0.020\mu\text{m}$ が得られた。

【0039】実施例5

図5は、本発明に係るフォトソグラフィ技術によるパターン形成方法を実施するための装置の実施例5の構成を示すフローチャートである。本実施例では、図5に示すように、パターン形成装置70は、レジスト塗布装置12、プリベイク装置14、露光装置16、PEB装置30、現像装置18、線幅測定機22及びポストベイク装置20を備えており、それらがこの順序でインライン接続されている。更に、線幅測定機22からの測定データのフィードバック系には、PEB制御装置32が設けられていて、測定データから最適PEB条件、即ち加熱時間及び加熱温度の少なくとも一つについてその最適条件を割り出し、その最適条件でPEB装置30をフィードバック制御する。

【0040】つきに動作を説明する。

1) ウェハは、レジスト塗布装置12、プリベイク装置14、露光装置16、現像装置18で順次より処理され、線幅測定機22でレジスト線幅が測定される。その後、ウェハは、ポストベイク装置20に送られる。
2) 線幅測定データは、PEB制御装置32に送られる。
3) PEB制御装置32は、線幅測定データを基に最適PEB条件を算出し、PEB装置30の時間を制御する。ここで、本実施例では、最適PEB条件として加熱時間又は加熱温度又はその双方を設定している。本実施例では線幅測定機22とPEB制御装置14の間に、フィードバックのからないウェハが2枚あるが、プリベイク時間変化に対する線幅変化は緩やかであるため精密な制御が可能となる。本実施例によってエキシマ用レジスト WKR-PT1 (和光純薬製) を処理したところ、線幅変動は $0.35\mu\text{m} \pm 0.020\mu\text{m}$ が得られた。

【0041】実施例1～5において温度によって線幅を制御することも可能である。しかし、一般に温度を急激に精度よく制御することは実際的でない場合もある。

【0042】実施例6

図6(a)はウェハの中心を対称点として、レジスト線幅の線幅分布が回転対称であることを説明する概念図であり、図6(b)は代表させる線幅分布を説明する概念図である。図6(b)に示すように、レジスト線幅の線幅分布は回転対称であるから、ウェハの一半径方向の線幅分布を測定し、このデータをもって該ウェハ全面の線幅分布を代表させることができる。この方法によれば、測定時間が1分強で終了するため、測定がウェハ

一処理を律速することがない。

【0043】

【発明の効果】請求項1から5に記載の本発明方法によれば、プロセス処理が終了したウェハの線幅均一性をレジスト線幅測定装置により測定して総合的な線幅変動量を求め、この総合的な変動量をプロセス装置にフィードバックし、該プロセス装置の処理条件を変動量が小さくなる方向に調整することにより、総合的な線幅変動量を小さくしている。本発明方法を適用することにより、1) 従来のレジスト線幅の変動要因別制御に比べて、複雑なプロセスを適用してウェハに微細なパターン形成を行う場合にも、総合的な線幅均一性を向上させることができる。

2) 多数の様々なレジスト線幅変動要因に対して総合的に速やかに対応できるので、レジスト線幅変動を最小限に抑えることができる。

3) 各々のプロセス工程の制御装置の制御厳密性を比較的緩やかにすることが可能となるので、制御装置に要する費用を軽減することができる。請求項6から10に記載の本発明装置によれば、本発明に係るパターン形成方法を容易に実施できるように構成されている。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るパターン形成方法を実施するための装置の実施例1の構成を示すフローチャートである。

【図2】本発明に係るパターン形成方法を実施するための装置の実施例2の構成を示すフローチャートである。

【図3】本発明に係るパターン形成方法を実施するための装置の実施例3の構成を示すフローチャートである。

【図4】本発明に係るパターン形成方法を実施するための装置の実施例4の構成を示すフローチャートである。

【図5】本発明に係るパターン形成方法を実施するための装置の実施例5の構成を示すフローチャートである。

【図6】図6(a)はウェハのレジスト線幅の線幅分布がウェハ中心を回転中心として回転対称であることを説明する概念図、図6(b)は代表させる測定データを説明する概念図である。

【図7】レジスト膜厚とレジスト線幅との関係を示すグラフである。

【図8】プリベイク時間とレジスト線幅との関係を示すグラフである。

【図9】PEB時間とレジスト線幅との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

10、40、50、60、70 パターン形成装置の一実施例

12 レジスト塗布装置

14 プリベイク装置

16 露光装置

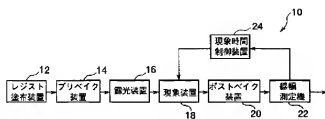
18 現像装置

20 ポストベイク装置

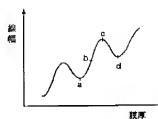
- 2 2 線幅測定機
2 4 現像条件制御装置
2 6 レジスト膜厚制御装置

- 2 8 プリベイク制御装置
3 0 PEB装置
3 2 PEB制御装置

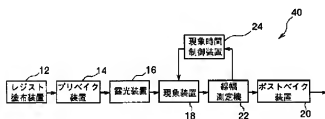
【図1】



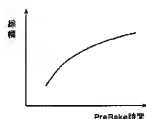
【図7】



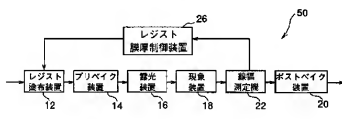
【図2】



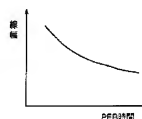
【図8】



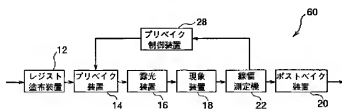
【図3】



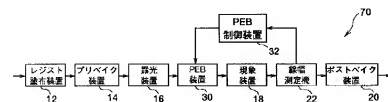
【図9】



【図4】



【図5】



【図6】

